稻稈擠壓成型機之試驗研究

田雲生 [1], 張金元 [2], 陳令錫 [2]

[1] 行政院農委會臺中區農業改良場 副研究員
[2] 行政院農委會臺中區農業改良場 助理研究員

摘要

本研究係試驗研製田間稻稈進料、擠壓成型及出料等一貫化作業機械，供為衍生性燃料之製作與應用。目前完成之臥式單腔體擠壓成型機雛型，以可程式控制器（PLC）驅動油壓組件進行 14-16 次進料之預擠壓及 1 次壓實、出料之全擠壓，經初步測試結果顯示，預擠壓及全擠壓每次作業時間分別需要 8.15、14.42 sec，若不計算其他如油壓缸延遲退後等耗時項目，則擠壓腔體最大容量的作業時間約 2.3 分鐘；而稻稈擠壓前後之體積壓縮比值為 7.8，但與擠壓作業進料量、成品緊密度等，皆有很大的差異性。

關鍵詞：稻稈、擠壓、擠壓成型機。

一、前言

臺灣水稻收穫面積 26 萬 762 公頃（行政院農業委員會，2012），主要產物是稻米，副產品則為稻稈（亦稱稻草）、稻殼等，其中稻稈生產量與稻穀的生產量成正比，並依品種、地區特性及栽培管理習慣而有差異。以現行改良品種的收穫指數（收穫物占整體生物量的比值）約為 0.5 而言，每公頃的稻稈量 5-6 公噸，換算每年即有 150 萬公噸之多。以往水稻收割後多於田間就地焚燒稻稈，第一、二期作之間因作業時間短促而尤其明顯，進而造成空氣污染與道路行車安全等問題，對環境保護更有負面影響（許，2005）。若能收集這些稻稈再加工利用，則可供為覆蓋材料：應用於豆科、草莓、果菜類作物，可減少雜草滋生，確保根部生長；栽培介質：例如種植洋菇、磨菇等（黃，2004）；堆肥原料：稻稈含碳、氮、磷酐、氧化鉀、氧化鈣、氧化鎂等成分，且碳氮比高達 78-88，可與豬糞、牛糞混合製作堆肥，並降低碳氮比至 20-30（黃，2004；許，2005）；動物飼料：稻稈經氨化處理後，粗蛋白質含量及有機物消化率可提高，纖維素含量則降低，是牛、羊等反芻家畜良好的粗飼料（楊等，1996）；造紙原料：常常應用於家庭用紙，或與其他纖維原料混合製成宣紙（楊，1997）；工藝製品：編織草鞋、草繩、草袋等日常用品及展示藝術品；建築板材原料：早期作為屋瓦覆蓋、塌塌米墊，現在多為製造複合板、耐燃纖維水泥板之添加物（王等，2001；楊等，2009）；生質酒精生產料源：稻稈經切碎處理，可作為第二代纖維酒精製作材料（古，2008）；衍生燃料：稻稈經壓製而為棒狀、錠狀等固態形狀，可取代一部分煤炭（黃，2004；杜，2003；林等，2003；倪，2007；盛與黃，2009；盛，2011）。其中就衍生燃料而言，固態錠型燃料（RDF-5）具大小、熱值（約煤炭的 2/3）均勻，易於運輸及儲存，在常溫下可存放 6-12 個月而不會腐敗，兼具能源和環保雙重效益等特性，對於落實農業減廢與資源再生，皆有極大的助益（王，2007；晶淨，2008）。鑑於此，臺中區農業改良場擬參酌現行以

稻稈為料源之衍生燃料製作機械，並針對田間稻稈收集處理作業需求，試驗研究稻稈粉碎進料、擠壓成型與出料等一貫化作業機械，期望能提高稻稈資源化利用、增加農友額外收入，並解決焚燒稻稈所衍生環保、道安與健康問題。

二、材料與方法

(一)試驗材料：規劃設計之稻稈擠壓成型機以進料、擠壓及出料等三項動作之組合進行擠壓成型作業，其研發構想如圖 1 所示，而主要機構包括進料斗、銜接管、擠壓腔體、擠壓頭、油壓缸（缸徑 80 mm）、油壓擋板、油壓閥、油壓馬達、油壓油箱、上上限/上限壓力表、可程式控制器（PLC）及電控箱等，其組成架構如圖 2 所示；試驗量測用壓力表、計時器、角度規、游標卡尺、捲尺、電子秤（精度 0.1g）等；試驗稻稈係於田間自然乾燥後，以曳引機承載式圓形打包機收集與應用。

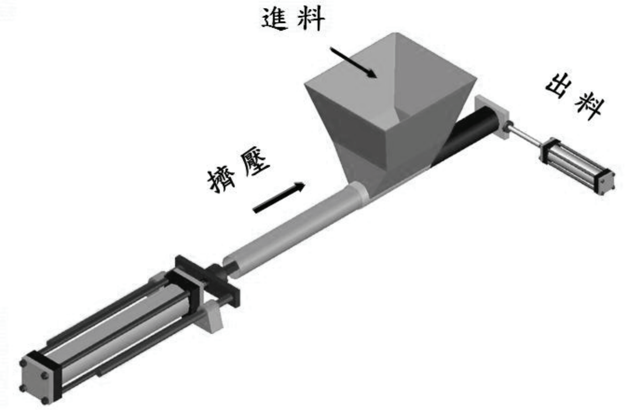


圖 1 稻稈擠壓成型機研製構想

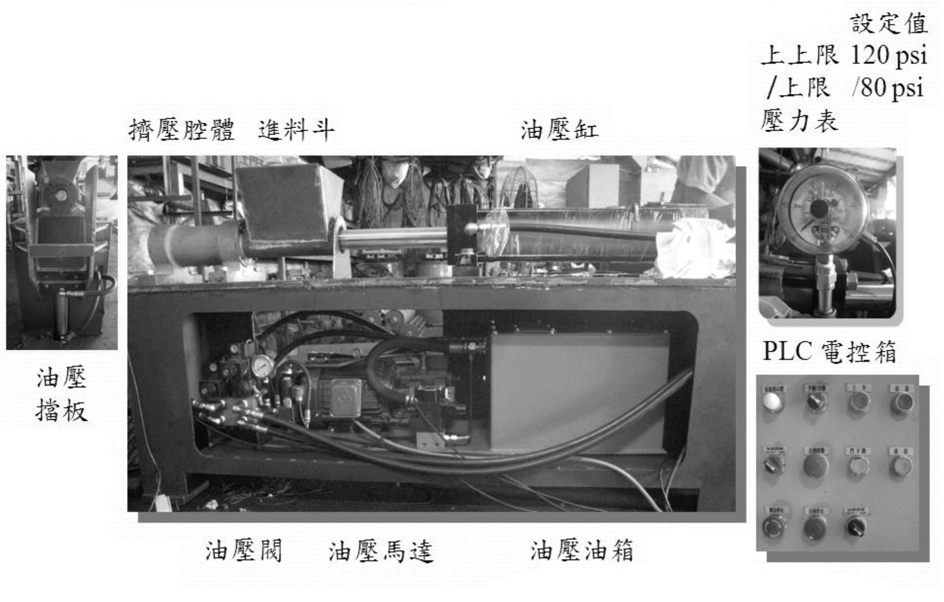


圖 2 稻稈擠壓成型機之組成架構

(二)實施方法：試驗研製稻稈擠壓成型機雛型，針對其作業性能進行測試與調查，包括油壓缸前進與後退線速度、油壓缸前進與後退壓力、每一擠壓成品製作時間、擠壓成品尺寸規格與重量、體積壓縮比值等項目。

三、結果

試驗研製一台臥式單腔體作業之擠壓成型機雛型，其擠壓作動區分為預擠壓與全擠壓 2 種，預擠壓係油壓缸配合進料動作而往復較輕負載伸縮若干次，直至擠壓腔體滿載後，再驅動油壓缸全力伸出壓實後出料，因有不同油壓出力需求，而採用上上限/上限壓力表加以選擇設定，經多次測試調整後，分別為 120 及 80 psi 最為適合。油壓擋板係在預擠壓之進料過程中將出料口關閉；全擠壓則於若干時間後，開啟擋板進行成品出料的動作，相關控制工作皆由可程式控制器（PLC）驅動。另選擇細碎稻稈（以 13 hp 中耕管理機承載金超耘牌碎木機進行粉碎處理，平均長度約 4-5 cm）與未細碎稻稈（以野馬牌 30 hp 曳引機承載 STAR MRB0850 型之圓形捆包機收集與堆置數月後，平均長度約 80-90 cm）2 種料源加以測試比較，如圖 3 所示，但都是採用人工供料方式進行。

當細碎稻稈預擠壓前進速度（Vf）為 0.078 m/sec、後退速度（Vr）0.069 m/sec 時，每次前進行程之擠壓頭分別經過進料斗前端、進料斗後端、銜接管、擠壓腔體等，此時油壓擋板處於關閉位置，且在負載不同的情況下，由壓力表可觀察到油壓壓力變化依序是 20、40、20 與壓力表極限值之 125 psi；後退行程則無負載而顯示 0。全擠壓前進行程幾乎是以極限值之 125 psi 進行壓實動作，但當油壓擋板開啟並足以推出擠壓成品時，則壓力即逐步降至 0 為止。未細碎稻稈之預擠壓出力在通過不同位置時稍微提高些，但極限值也是 125 psi，但從整體擠壓過程觀之，油壓最大輸出能力仍稍嫌不足。

由稻稈擠壓作業時間測試結果顯示，當完成一個 40 cm 長之擠壓成品，約需進行 14-16 次進料之預擠壓，以及 1 次壓實與出料之全擠壓行程。預擠壓每次需 8.15 sec，全擠壓則為 14.42 sec，如表 1 所示。若不計算其他耗時項目（包括壓實作業之延遲退缸等），則理論上擠壓腔體最大容量之作業時間約為 2.3 分鐘，此部分 2 種料源之差異並不明顯。另該 40 cm 長之擠壓成品經電子秤量測可知，每支的平均重量約 1.2 kg，換算其作業產能僅約

細碎稻稈（長度 4-5cm）

未細碎稻稈

圖 3 細碎與未細碎稻稈

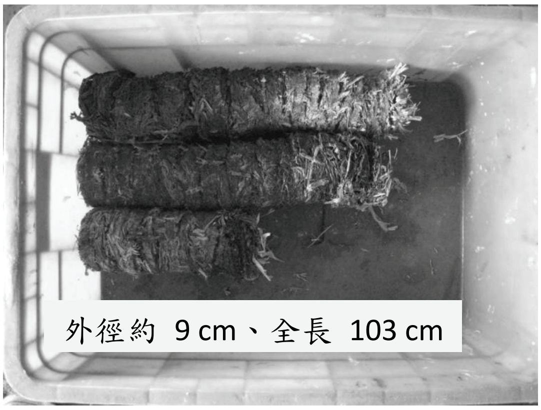
31.3 kg/hr，與最初規劃與期待 1 天可處理 5-6 ton（相當於 1 ha 稻稈之概略產生量）的目標，仍有很大的進步空間。若以滿載容量 51,129 cm^3 的塑膠箱裝填蓬鬆的稻稈，經擠壓作業後可得外徑約 9 cm、全長 103 cm 的擠壓成品，經計算其體積壓縮比值（等重稻稈擠壓前與擠壓後之體積變化）約為 7.8，如圖 4 所示。惟每次試驗結果差異極大，經檢討應是預擠壓由人工批次供料，且進料量不均勻等因素造成，未來機械改良至自動、連續進料時，應可解決這些問題。

另於試驗期間發現，無論是細碎稻稈或未細碎稻稈，因其長度平均至少 4-5 cm，且人工供料是批次進行，致蓬鬆交錯的料源在進料斗上方會有架橋現象，無法靠本身自重落入待擠壓區，經常造成進料量不足與不均等結果，也產生擠壓成品呈現一片片且極易分離斷裂的情形。此架橋問題，後續可藉由加裝輔助進料機構，或者是將稻稈更細碎化處理，以解決之；而擠壓成品斷裂問題，雖可能於自動、連續供料時迎刃而解，但可嘗試將油壓缸前端擠壓頭粗糙化處理，使預擠壓後退行程時帶些稻稈與下一批料源交織、糾結在一起，以及增大壓實時之油壓出力、前進行程結束後延遲油壓缸後退等，都是評估改進的方案。又在預擠壓後退行程時，部分稻稈會由進料斗前端間隙被帶出，經實際調查發現，擠壓前之蓬鬆稻稈重量 1,204.5g，擠壓成品則減為 1,192.5g，可知稻稈滲漏達 12g 之多，相當於 1%的損失量。此滲漏問題可藉由進料斗前端加裝止漏墊，或設計回收裝置而解決之，但考慮成本，當以前者為優先考量。

表 1 稻稈擠壓作業時間

單次作業時間	擠 壓 方 式	
	預 擠 壓	全 擠 壓
前 進	3.84 sec	7.11 sec
後 退	4.31 sec	7.31 sec
合 計	8.15 sec	14.42 sec

擠壓前



擠壓後

圖 4 稻稈擠壓前後之體積變化

四、討論

試驗研製之稻稈擠壓成型機雛型經初步試驗結果顯示，其擠壓前後之體積壓縮比值為7.8，但與進料均勻度、擠壓成品密度之不同而有差異。細碎稻稈之擠製成品會有逐步膨鬆及斷裂現象，而未細碎成品之交織情形及結實度較佳，但所耗費時間較長，且機件擠壓阻力增大。整體擠壓成型機尚有諸多缺失待修正改良，包括增大全擠壓之油壓出力、進料時延遲油壓缸後退行程、油壓缸前端擠壓頭粗糙化處理、稻稈更細碎化及提升產能等，方使機械作業功能更趨完善，進而推廣應用。

參考文獻

1. 王年斌。2007。農業廢棄物－稻草製作衍生燃料技術評估。碩士論文。桃園：元智大學機械工程研究所。
2. 王瀛生、鄒哲宗、尹華文、林裕仁。2001。組合木材之研製及加工利用。農政與農情 107: 90-92。
3. 古森本。2008。生質能源作物之開發與潛力。農業生技產業季刊 8: 46-53。
4. 杜文傑。2003。日本推廣農業廢棄資材再生利用之作法。農政與農情 132: 71-72。
5. 林財得、謝清祿、謝欽城。2003。稻稈壓潰機與發酵槽之開發。台灣農業機械 18(3): 6-8。
6. 倪禮豐。2007。水稻廢棄資材之利用。花蓮區農業專訊 43: 21-24。
7. 盛中德、黃明仕。2009。生質能源用農業廢棄物之田間處理技術研究。出自"第五屆兩岸能源發展研討會論文集"。台南：成功大學。
8. 盛中德。2011。稻草能源再生利用。豐年半月刊 59(16): 44-47。
9. 許志聖。2005。稻草的利用。出自"臺中區農業改良場九十三年度試驗研究暨推廣學術研討會報告摘要"，特刊 73: 36。
10. 晶淨科技股份有限公司。2008。移動式農業廢棄物 RDF（廢棄物衍生燃料）試製機具研發。行政院農業委員會委託辦理研究計畫期末報告書。
11. 黃琇晶。2004。稻草固態錠型燃料螺桿擠製之成型性分析研究。碩士論文。新竹：交通大學機械工程研究所。
12. 黃裕銘。2004。稻草的特性及處理。出自"稻草處理技術研討會專集"，4-10。
13. 黃種華。2004。洋菇堆肥式的固態醱酵技術。中國食品 GMP 發展協會網頁。
14. 楊价民、鄭永祥、林育安、吳錦賢。1996。青貯對稻草和稻稈之化學組成變化及其在瘤胃內分解之影響。中國畜牧學會會誌 25: 273-286。
15. 楊奉儒、陳清齊、楊叢印。2009。稻草再利用─稻草壓合板。豐年半月刊 59(12): 37-41。
16. 楊時榮。1997。圖書紙張纖維的氧化與水解。書苑季刊 31: 34-39。
17. 行政院農業委員會。2012。農業統計年報。
http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx

Experiment and Development of Rice Straw Extruder

Yun-Sheng Tien[1], Chin-Yuan Chang[2], Ling-Hsi Chen[2]

[1] Associate Agricultural Engineer, Taichung District Agricultural Research and Extension Station , COA.

[2] Assistant Agricultural Engineer, Taichung District Agricultural Research and Extension Station , COA.

Abstract

The purpose of this research is to study and develop a rice straw extruder consists of feeding, extruding & molding and discharging, as the production of Refuse Derived Fuel from rice straw. It is assembled a prototype of horizontal single-chamber extruding and molding machine, which is driven by the PLC and hydraulic devices to guide 14-16 times pre-extrusion (feeding) and a full-extrusion (compacting and discharging). Preliminary test results show that each working time of the pre-extrusion and full-extrusion required 8.15 sec and 14.42 sec, respectively. Without considering other work items, such as the hydraulic cylinder delay back, the maximum capacity chamber operating time of about 2.3 minutes. The volume compression ratio is approximately 7.8 times before and after rice straw extruded, but it is very different from the feeding amount of extrusion, product density and so on.

Keywords: Rice straw, Extrusion, Extruding, Molding machine.